



# CLT ur ett miljöperspektiv

Wilma Lapiolahti

Examensarbete för byggingenjör (YH)-examen

Utbildningen för Byggnads- och samhällsteknik

Ekenäs 2018



## EXAMENSARBETE

Författare: Wilma Lapiolahti

Utbildning och ort: Byggnads- och samhällsteknik, byggingenjör. Ekenäs

Inriktningsalternativ/Fördjupning: Projektering och byggnadskonstruktion.

Handledare: Johan Degerlund

Titel: CLT ur ett miljöperspektiv

---

Datum 7.5.2018

Sidantal 33

Bilagor -

---

### Abstrakt

Examensarbetet tar upp CLT som konstruktionsmaterial ur ett miljöperspektiv. CLT (Cross Laminated Timber) har under de senaste åren blivit allt mer populärt. Materialet har hyllats som miljövänligt och hållbart. Jag vill därför göra en undersökning av materialets miljöpåverkan genom hela sin livscykel.

I dagens läge är det viktigare än någonsin att se hela livscykeln när man väljer byggmaterial. Det handlar om hela processen, från tillverkning till rivning och avfallshantering. Om materialet under någon gång under livscykeln är direkt skadligt eller ohållbart ur miljösynpunkt bör man fundera på om det är lämpligt som byggmaterial. Allt handlar om en avvägning man själv får göra, med den fakta man har. Den faktan vill jag bistå med för att man själv ska kunna dra sina slutsatser om CLT.

Arbetet baseras på träbyggarnormer och handböcker utgivna av bl.a. Svenskt Trä och PuulInfo, som båda är ideella organisationer. Jag har även hämtat fakta från diplomarbeten, nyhetsartiklar och föreläsningar med sakkunniga.

Syftet med examensarbetet är att redogöra för CLT som byggmaterial ur ett miljöperspektiv och att lyfta frågan om miljömässigt hållbara hus.

Examensarbetet är utfört i samarbetet med projektet Smart med skärgårdsvirke, ett samarbete mellan Skogsvårdsföreningen Södra skogsreviret r.f. och Yrkeshögskolan Novia.

---

Språk: svenska

Nyckelord: CLT, miljövänliga hus, livscykel

---

# OPINNÄYTETYÖ

Tekijä: Wilma Lapiolahti

Koulutus ja paikkakunta: Rakennus- ja yhdyskuntatekniikka, rakennusinsinööri.

Tammisaari

Suuntautumisvaihtoehto/Syventävät opinnot: Rakennesuunnittelu.

Ohjaaja(t): Johan Degerlund

Nimike: CLT:n ympäristövaikutukset

---

Päivämäärä 7.5.2018

Sivumäärä 33

Liitteet -

---

## Tiivistelmä

Opinnäytetyö kertoo CLT:stä rakennusmateriaalina ympäristönäkökulmasta. CLT (Cross Laminated Timber) on viime vuosina noussut suosituksi rakennusmenetelmäksi. Materiaali on tunnettu ympäristöystävällisyydestään ja kestävyystään, siksi haluankin tutkia materiaalin ympäristövaikutuksia läpi koko sen elämänsäkaaren.

Nykyisin on todella tärkeää katsoa puun koko elinkaarta kun valitsee rakennusmateriaalia. Koko prosessi on tutkittava perusteellisesti, tuotannosta purkuun ja jätehuoltoon. Jos materiaali edes jossain elinkaarensa aikana on haitallinen tai epäedullinen ympäristönäkökulmasta, pitäisi miettiä mikäli rakennusmateriaali on ylipäänsä kelpollinen. Jokaisen pitää itse pohtia asiaa ja tehdä omat johtopäätöksensä niillä faktoilla jotka hänellä on. Haluan opinnäytetyöni avulla tätä näkökulmaa valotta.

Opinnäytetyö perustuu puurakentamisnormeihin sekä Svenskt Trä:n ja PuulInfon julkaisemiin käsikirjoihin. Infoa on myös haettu diplomitöistä, artikkeleista ja asiantuntijoiden luennoista.

Opinnäytetyön tavoitteena on esittää selostus CLT:stä rakennusmateriaalina ympäristönäkökulmasta, sekä nostaa esiin kysymykset kestävästä rakentamisesta.

Tämä opinnäytetyö on tehty yhteistyössä Smart med skärgårdsvirke projektin kanssa, joka on Skogsvårdsföreningen Södra skogsreviret r.f.n ja Yrkeshögskolan Novian yhteistyöprojekti.

---

Kieli: ruotsi

Avainsanat: CLT, ympäristöystävällinen talo, elinkaari

---

# BACHELOR'S THESIS

Author: Wilma Lapiolahti

Degree Programme: Bachelor's degree in technology, Construction Engineering. Ekenäs.

Specialization: Structural Engineering.

Supervisor(s): Johan Degerlund

Title: CLT through an Environmental Perspective

---

Date 7 May 2018      Number of pages 33      Appendices -

---

## Abstract

The thesis gives an account of CLT as a building material from an environmental perspective. During the past years CLT (Cross Laminated Timber) has risen to become an increasingly popular building material. It is commonly said to be environmentally friendly and sustainable. Therefore, I want to examine the environmental impact of CLT through its whole life cycle.

Today it is of great importance to see the whole life cycle when choosing building materials. The whole process is important, from manufacturing to waste management. If the material at any time during its life cycle is environmentally harmful, we should ask ourselves if it is fit to be used as a building material at all. Your opinion about this is based on facts, and by reading this thesis everyone can make up their own mind about CLT. I want to provide the facts as impartially as possible.

The thesis is based on wood building norms and handbooks released by Svenskt Trä and PuulInfo, both non-profit organisations. Master theses, news articles and lectures with experts on the subject have also been a source of information.

The purpose of the thesis is to present facts about CLT as a building material from an environmental perspective, and to highlight questions about sustainable houses.

This thesis is made in cooperation with the project Smart med skärgårdsvirke, a project carried out by Skogsvårdsföreningen Södra skogsreviret r.f. in cooperation with Yrkeshögskolan Novia.

---

Language: Swedish      Key words: CLT, environmentally friendly houses, life cycle

---

# Innehållsförteckning

1	Introduktion .....	1
1.1	Vad är CLT? .....	2
2	Trä som byggmaterial .....	4
2.1	Skogen .....	4
2.2	Två sätt att se på kvalitet .....	4
3	Tillverkningsprocessen .....	5
3.1	Lim .....	8
3.2	Kompenserar koldioxidlagringen helt för tillverkningsprocessen? .....	10
3.3	Nordiska tillverkare .....	11
4	Byggprocessen .....	12
4.1	Logistik .....	12
4.2	Montage .....	12
4.3	Skarvar- den svaga länken .....	14
4.4	Väderskydd .....	15
5	Inomhusklimat .....	19
5.1	Emissioner av CLT och dess eventuella ytbehandlingar .....	19
5.2	Homogenitet i allmänhet .....	19
6	Underhåll och reparation .....	21
6.1	Underhåll .....	21
6.2	Reparation/sanering .....	22
7	Efter användning .....	22
7.1	Uppskattad livslängd .....	22
7.2	Vad händer med uttjänta byggmaterial? .....	23
8	CLT ur ett miljöperspektiv- sammanfattning och egna slutsatser .....	24
8.1	Tillverkningsprocessens miljöpåverkan .....	24
8.2	Bygg- och boendeprocessens miljöpåverkan .....	25
8.3	Avfallsprocessens miljöpåverkan .....	26
8.4	Sammanfattning och slutord .....	27
9	Källor .....	29

# 1 Introduktion

Byggsektorn står för en stor del av landets klimatutsläpp. Det ligger i tiden att bygga hållbara och sunda hus, allt för att minska vår miljöpåverkan och för att vi själva ska må bra i de hus vi bor i. För att försöka bilda sig en uppfattning om hållbart byggande krävs att man ser helheten i varje byggprojekt. Det finns inga standardlösningar som alltid fungerar, man måste utrusta sig med fakta och göra bedömningen utifrån varje unikt fall.

När det gäller CLT vill jag se på materialet genom ett miljöperspektiv ur flera vinklar;

- Materialets miljöpåverkan genom hela livscykeln
- Inomhusmiljön som materialet ger upphov till
- Hållbarheten och renoverbarheten rent konstruktionsmässigt.

Om det visar sig att inget direkt miljömässigt negativt kommer upp i dessa tre punkter, kan vi luta åt att CLT är ett relativt miljövänligt material. Om någon av punkterna däremot avslöjar miljömässiga brister, kan vi ta detta i beaktande och göra bedömningar från fall till fall då vi använder CLT.

Andra frågor som kommer att besvaras i examensarbetet är;

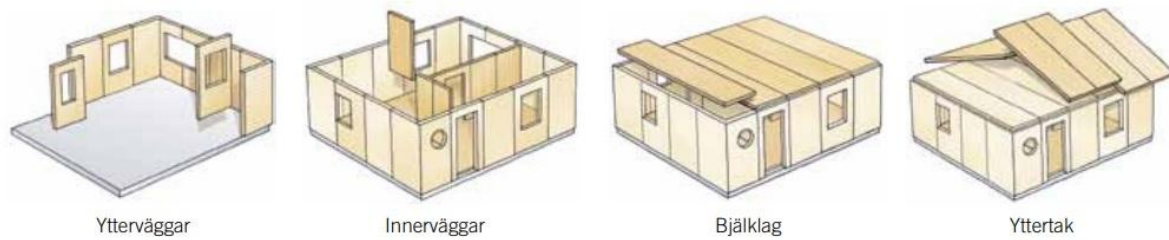
- Vilka utmaningar ställs man inför när man bygger med CLT?
- Vad behöver bli rätt för att ett stomsystem med CLT ska funka? Vilka förutsättningar krävs?
- Vad skulle kunna förbättras?
- Hur tror jag att framtiden kommer att se ut?

## 1.1 Vad är CLT?

CLT är ett träbaserat byggmaterial som tillverkas av minst tre lager brädor eller plankor som limmas ihop. För varje lager ändrar fiberriktningen med 90 grader. CLT bildar efter ihoplimning en styv skiva som går att använda som bärande konstruktion. Tjockleken på skivorna kan variera mellan 57-400mm (RT 21-11289, 2017). Skivorna kan användas som väggar (både bärande och icke bärande), bjälklag och tak. (Svenskt Trä (ST) 2017, 16)

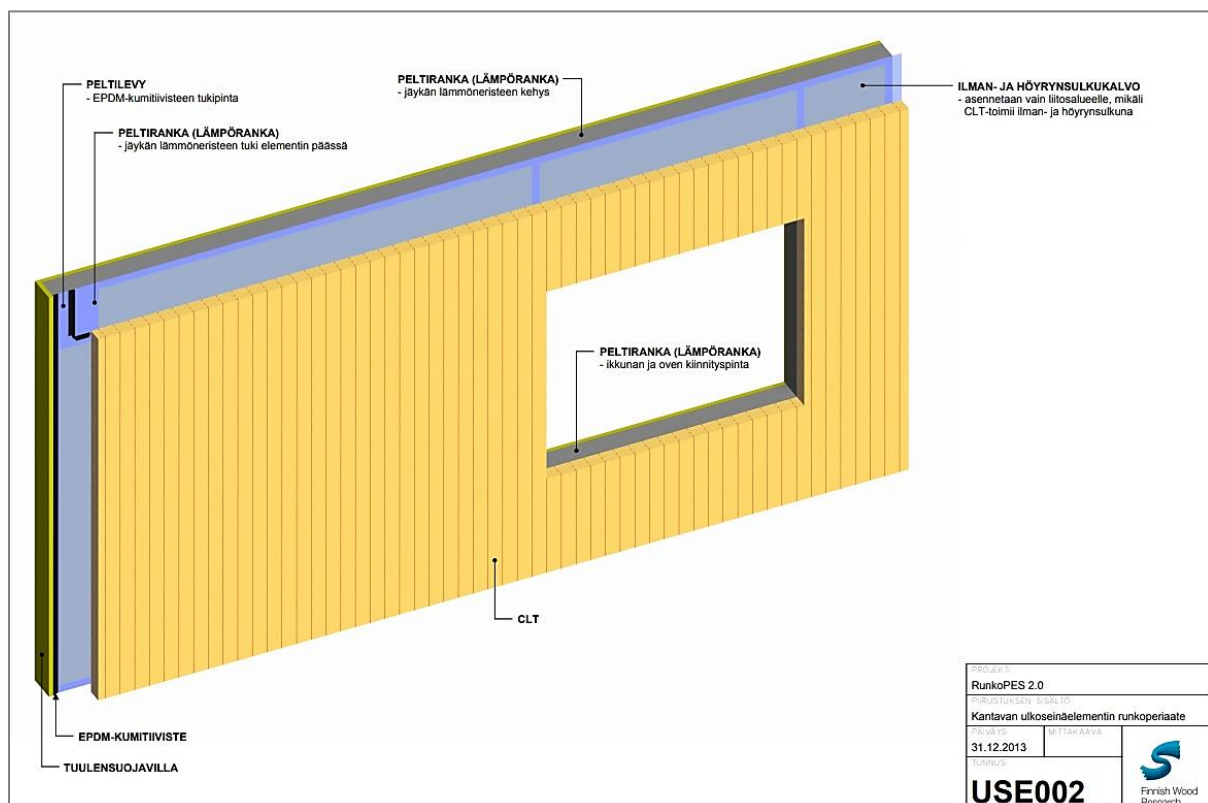


Figur 1. CLT-skivor. ST 2017, 4



**Figur 2. CLT-skivors användningsområden. Martinsons.se**

Eftersom CLT är relativt nytt och först nu börjar bli vanligare, har det inte funnit alltför mycket anvisningar om hur man bygger med det. På Puuinfo.fi och Svensktträ.se finns dock praktiska anvisningar, info och handböcker i CLT-byggande. Sedan 2013 finns även en standard för träelementsbyggande. Den heter RunkoPES (PuuElementiStandardi) och finns att hämta i pdf-form på puuinfos hemsida. <http://www.puuinfo.fi/suunnitteluohjeet/runkopes-20>. Man kan även söka information från tillverkarna om deras specifika produkter. Finland började med inhemsk CLT-tillverkning 2014 (puuinfo.fi).



**Figur 3. Princip för CLT-yttervägg. RunkoPES, del 2, 4.**



## 2 Trä som byggmaterial

Hur ser skogsindustrin ut idag? Är den hållbar? Och vilken kvalitet har virket nuförtiden? Dessa frågor besvaras i detta kapitel.

### 2.1 Skogen

Finlands skogar växer närapå 110 miljoner m<sup>3</sup> per år (puuinfo.fi). 78% av landytan består av skog (www.metla.fi). Ett flervåningshus i trä växer upp på 5 min (Föredrag av Carina Håkansson. 18.10.2017).

Av den skog som växer upp tar man tillvara ca 60-65% (dvs. 66-71.5 milj. m<sup>3</sup>/år), men man skulle kunna öka användningen med ytterligare ca 20 milj. m<sup>3</sup>/år. Av allt producerat virke används 4/5 till byggande, där bostadshus står för 65% av detta. (puuinfo.fi)

När man avverkar skog ser man också till att den ersätts med ny skog, genom plantering eller självsådd från gamla träd ([www.metla.fi](http://www.metla.fi)). Trä är ett förnyelsebart material, vilket är dess stora fördel.

Virket i nordiska CLT-skivor kan vara PEFC- eller FSC-certifierad. Certifieringarna har mycket gemensamt, framförallt att de kräver hållbarhet ur olika perspektiv;

Miljömässigt/ekologiskt, socialt och ekonomiskt. (www.pefc.se)

Om man tänker använda CLT bör man se att produkten har endera märkningen, eftersom det då garanterar ett hållbart skogsbruk.

### 2.2 Två sätt att se på kvalitet

För att en gran- eller tall ska ha god kvalitet krävs att det inte växer för snabbt. Då blir årsringarna glesa och virket poröst. Man strävar efter täta årsringar och stor andel kärnvirke, vilket förutsätter magra jordar och lagom tätt mellan träden.

Skogsbruket är mycket rationaliserat nuförtiden och man avverkar alla träd på ett större område på en gång. Virket kommer under tillverkningsprocessen att sorteras efter hållfasthetsklass, men den hållfastheten avser konstruktionsmässig hållfasthet, inte hur motståndskraftigt virket är mot röta och andra angrepp. Detta medför inte nödvändigtvis att

virket idag är sämre men att tanken om virkets beständighet som en kvalitet i sig har gått förlorad. (Riksantikvarieämbetet 1982, 71)

Vissa tillverkare menar att deras virke inte bara är av god hållfasthet, utan även mycket hållbart på sikt. Martinsons, som är en svensk producent av CLT, skriver på sin hemsida:

*”Västerbottens senvuxna gran- och tallskogarna ger ett virke med erkänt hög kvalitet och goda byggegenskaper. De långa vintrarna skapar täta årsringar, vilket gör virket hårt, formstabilt och tåligt. Martinsons hämtar all skogsråvara från det norrländska, hållbara skogsbruket och det senvuxna virket ligger till grund för kvaliteten som kännetecknar Martinsons.”* (www.martinsons.se)

Ser man däremot på hållfasthetsklass ser läget ut såhär: I CLT-skivor används vanligen hållfasthetsklass C14-C30, och C24 är det allra vanligaste. Inuti elementet har man möjlighet att välja virke av de lägre kvaliteterna, medan man ytterst och i skivans huvudbärriktning väljer virke av högre kvalitet för att utnyttja virkets hållfasthet samt för att få en snygg och hållbar yta. (ST 2017, 16)

### **3 Tillverkningsprocessen**

De steg i tillverkningsprocessen som man bör undersöka är energiåtgången, metoderna och om det i lim eller andra komponenter som används finns något som kan vara miljömässigt dåligt.

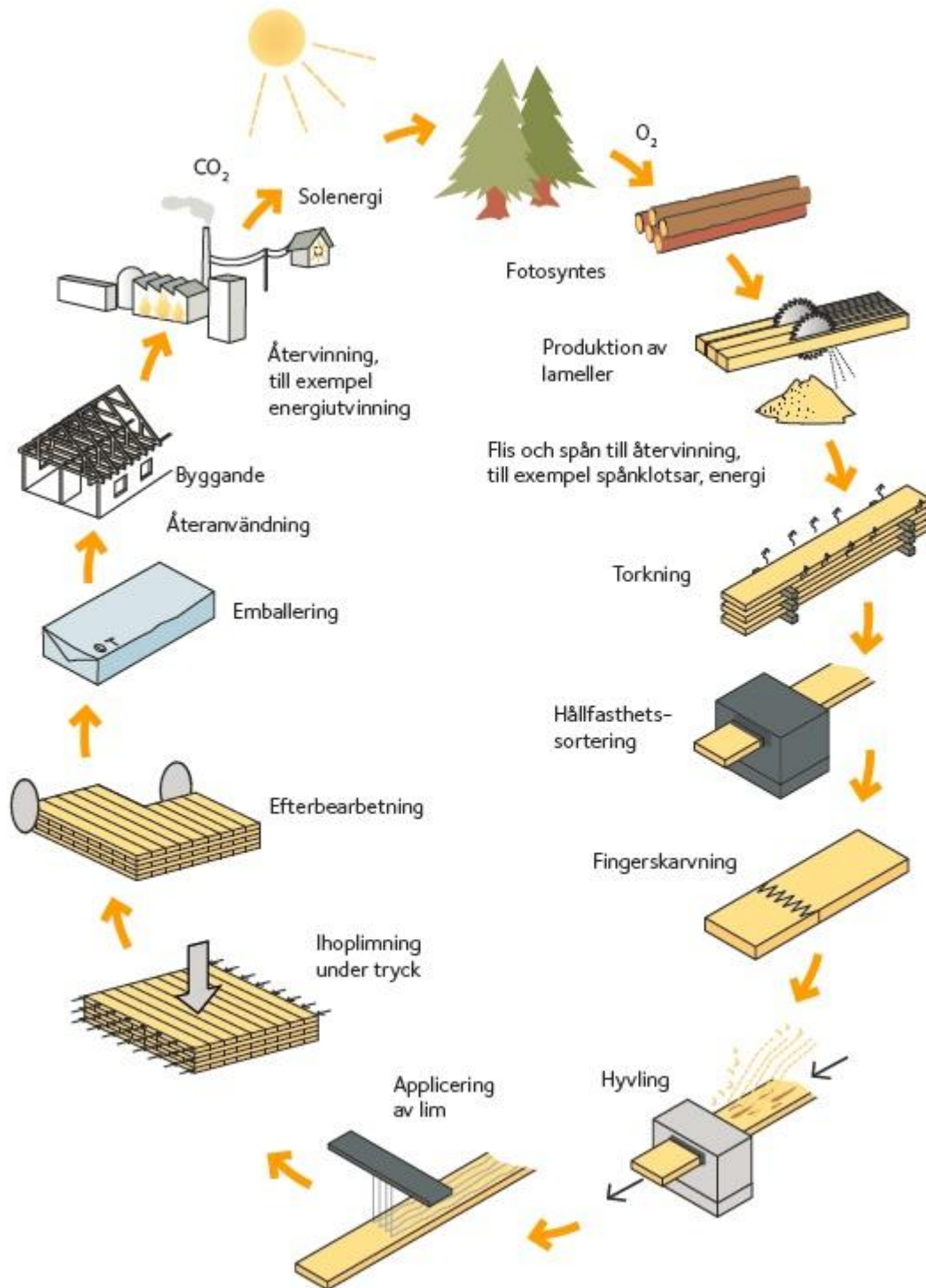
Det finns skillnader mellan tillverkare och för att kunna göra en bedömning har jag undersökt tillverkarna Hoisko och Stora Enso i Finland samt Martinsons i Sverige.



**Figur 4. Tillverkning av CLT i Hoiskos fabrik. (Puuinfo.fi)**

Enligt Martinsons miljövarudeklaration har tillverkningsprocessen bidragit till 39 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> i atmosfären (Erlandsson, M., Svenska Miljöinstitutet, 2015, 3-5). Stora Enso visar på liknande siffror (Holzforschung Austria 2012, 3).

Tillverkningen av CLT är en relativt energisnål process, och om man dessutom använder sågspån och träspill som bränsle kan man minska användningen av fossilt bränsle. I och med att träspillet finns nära tillhands praktiseras denna metod ofta vid CLT-fabrikerna (ST 2017, 12). Enskilda tillverkare har olika syn på användningen av el och drivmedel, vissa strävar efter miljövänligare alternativ såsom vattenkraft och användning av biodieseln HVO (www.martinsons.se). Information om hur respektive tillverkare agerar på denna punkt går relativt lätt att hitta på deras hemsidor.



Figur 5. Tillverkning av CLT. (ST 2017, 17)

Tillverkningen av CLT går till på följande vis:

- Virket anländer till sågverket
- Man sågar upp lameller och sorterar dem efter hållfasthet.
- Fingerskarvning utförs så att man får långa längder av lamellerna. Dessa hyvlas till rätt dimension.
- Dags för hoplimning! Under limningen av skivorna ligger de i press, antingen med vakuum- eller hydraulpressning. Beroende på tillverkare finns det skivor som är limmade både längs lamellernas bred- och kortsida, och skivor som bara är limmade på bredsidoerna.
- Slutbearbetning. CNC-maskiner bearbetar skivorna med millimeterprecision. Kanterna sågas raka och till rätt mått, man fräser urtag för installationer och förband.
- Ytorna kontrolleras okulärt och man putsar ytor som ska förbli synliga.
- Paketering, märkning, lastning.
- Andra aktörer tar vid för eventuell vidare elementtillverkning, t.ex. volymelement. Detta sker efter beställarens önskemål och på olika typer av firmor/fabriker beroende på vad som efterfrågas.

(ST 2017, 17)

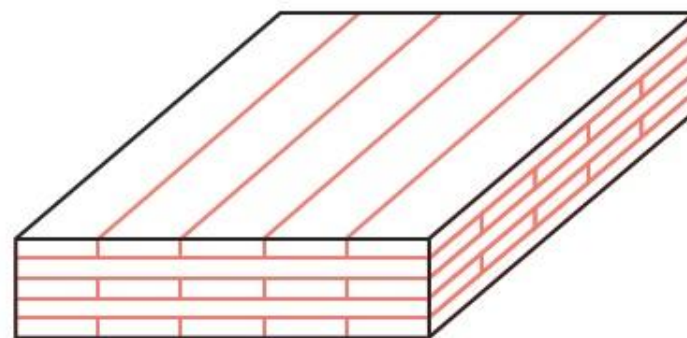
### 3.1 Lim

Det är upp till tillverkarna att bestämma vilket lim de använder i sin produktion. I och med att trä är ett material med god ånggenomsläpplighet, och det ger CLT-produkten dess goda inomhusegenskaper, vill de flesta hålla fast vid detta och väljer lim som inte täpper till denna funktion. De flesta tillverkare väljer miljövänligt, luktfritt och allergifritt polyuretanlim.

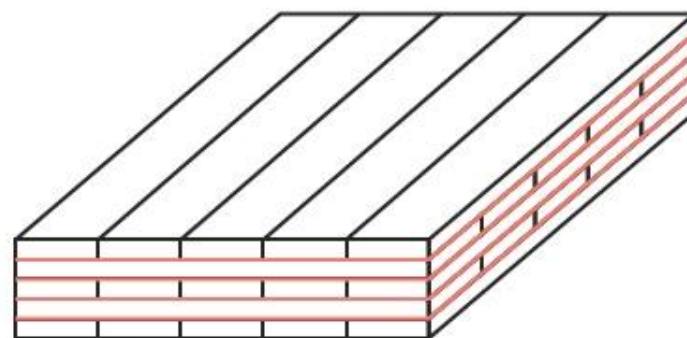
Polyuretan är ett plastmaterial som finns i olika former ([polyurethanes.org](http://polyurethanes.org)). Det bildas då en isocyanat får reagera med en alkohol. Medan polyuretan är i användning är den ofarlig för användaren. Vid förbränning frigörs dock polyuretanets ena beståndsdel, isocyanatet. Isocyanat misstänks vara cancerframkallande och har dessutom skadliga långtidseffekter för vattenlevande organismer. Alltså är polyuretanlimmet inget problem i den befintliga byggnaden, men kan ha långsiktigt skadlig inverkan på människor och natur i det skedet man förbränner CLT-skivorna. ([www.naturskyddsforeningen.se](http://www.naturskyddsforeningen.se)). Polyuretan är som sagt ett

plastmaterial, och man bör undvika att dessa hamnar i naturen, där de inte hör hemma. De bryts långsamt ner till mikroplaster och hamnar så småningom i havet och i djuren. Det forskas mycket på mikroplaster och dess långsiktiga konsekvenser. Den allmänna uppfattningen tycks vara att det är mycket dåligt och kommer att drabba även oss människor på lång sikt (Trowsdale, T., 2017) ([www.havet.nu](http://www.havet.nu)) (GESAMP 2015).

Mängden lim varierar beroende på om brädorna limmas endast på bredsida, eller på både bred och kortsida. Vid limning av endast bredsida går det åt ca 4,3 kg lim/m<sup>3</sup> färdig produkt (Erlandsson, M., Svenska Miljöinstitutet, 2015, 3). Dock kan tas i beaktande, att om man använder CLT-skivor med lamellerna limmade på både bred- och kortsida så behöver man ingen separat ångspärr mellan skiva och utvändig isolering (RT 21-11289 2017, 6).



lape- ja syrjäliimattu



lapeliimattu

**Figur 6. Två sätt att limma CLT. (RT 21-11289 2017, 6)**

## 3.2 Kompenserar koldioxidlagringen helt för tillverkningsprocessen?

I tabellen nedan kan man se hur Martinsons tillverkning av CLT påverkar utsläppen av CO<sub>2</sub>.

Miljöpåverkan		
Parameter	Unit	A1 - A3
GWP	kg CO <sub>2</sub> -ekv	-679
derav biogent karboninnehåll		-718
derav bidrag till klimapåverkan		39
ODP	kg CFC11-ekv	3,7E-06
POCP	kg C <sub>2</sub> H <sub>4</sub> -ekv	0,046
AP	kg SO <sub>2</sub> -ekv	0,29
EP	kg PO <sub>4</sub> <sup>3-</sup> -ekv	0,072
ADPM	kg Sb-ekv	3,5E-05
ADPE	MJ	563

GWP Globalt uppvärmningspotential; ODP Potential för nedbrytning av stratosfärisk ozon; POCP Potential för fotokjemisk oxidantdannning; AP Forurensningspotential för kilder på land og vann; EP Overgjødslingspotential; ADPM Abiotisk uttømmingspotential for ikke-fossile ressurser; ADPE Abiotisk uttømmingspotential for fossile ressurser

Figur 7. Miljöpåverkan av Martinsons CLT. (Erlandsson, M., Svenska Miljöinstitutet, 2015, 3-5)

- Träet har bundit kol till sig som motsvarar 718 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.
- Tillverkningsprocessen har bidragit till 39 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup> i atmosfären.
- GWP, dvs. den globala uppvärmningspotentialen, uppgår i och med detta till -679 kg CO<sub>2</sub>/m<sup>3</sup>.

(Erlandsson, M., Svenska Miljöinstitutet, 2015, 3-5) ([www.martinsons.se](http://www.martinsons.se))

Alltså har CO<sub>2</sub>-utsläppen i tillverkningen kompenserats flera gånger om av trädets fotosyntetiska kollagring. Ända tills man energiåteranvänder träet behålls kolet lagrat, och vid förbränningen frigörs det lagrade kolet till atmosfären i form av CO<sub>2</sub>. (Erlandsson, M., Svenska Miljöinstitutet, 2015, 3-5). Andra CLT-tillverkare visar på liknande siffror ([www.hoisko.fi](http://www.hoisko.fi)).

Man kan också jämföra husprojekt som en helhet, t.ex. ett trähus jämfört med ett betonghus av samma storlek. Detta har gjorts av Tyréns, som är ett svenskt konsultföretag inom samhällsbyggande. Där ställs dessa två typer av hus (13-våningshus) emot varandra i en s.k. LCA, Life Cycle Assessment, och resultatet av denna analys visas nedan:

- Trästommens material ger en klimatpåverkan på 400 ton CO<sub>2</sub> ekvivalenter.
- Betongstommen ger en klimatpåverkan på 900 ton CO<sub>2</sub> ekvivalenter.
- Det är vid tillverkningen av materialet som största delen av klimatpåverkan sker.

([www.martinsons.se](http://www.martinsons.se))



Figur 8. Trähusbyggande ställs mot betonghusbyggande. ([www.martinsons.se](http://www.martinsons.se))

### 3.3 Nordiska tillverkare

De främsta tillverkarna av CLT i Finland och Sverige.

#### Finland:

- Hoisko. Den enda finska tillverkaren av CLT som bara använder virke från finska skogar och har all tillverkning inom landet. ([www.hoisko.fi](http://www.hoisko.fi))
- Stora Enso. Råvaran till deras CLT kommer ifrån Österrike där också själva skivorna tillverkas. I Finland tillverkar man sedan färdiga plan- och volymelement. ([www.puuinfo.fi](http://www.puuinfo.fi))



- Crosslam. CLT-råvaran kommer från nordiska skogar. Skivorna tillverkas i Kuhmo. (Kievarinmäki, A., VTT, 2017)

#### **Sverige:**

- Martinsons. De använder bara virke från regionens skogar, vilket ger korta transporter (i snitt 70 km från avverkningsplats till sågverksanläggning). ([www.martinsons.se](http://www.martinsons.se))
- KLH. Allt virke är PEFC-certifierat, skivorna tillverkas i Österrike. ([klhsverige.se](http://klhsverige.se))

## **4 Byggprocessen**

När elementen lämnat fabriken tar själva husbyggarprocessen vid. I detta kapitel undersöker jag monteringsmetoden och andra byggskedet för att kunna göra en bedömning av miljöpåverkan.

### **4.1 Logistik**

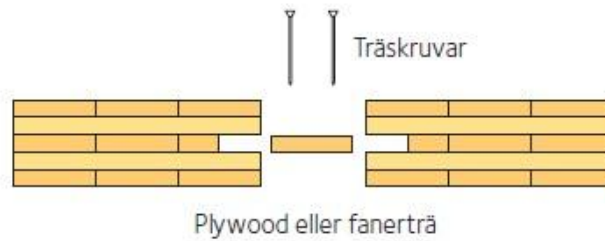
Trä väger mindre än betong, och så gör även ett fullständigt planelement byggt på CLT (inkl. Utfackningsväggar och fönster mm). Elementen är alltså inte mer skrymmande än betong men väger mindre, vilket gör att man kommer undan med lättare transporter där mindre bränsle går åt. Även lyftkrans-arbeten blir lättare och mindre energikrävande.

Eftersom CLT-skivorna har rätt fuktkvot redan vid tillverkningen slipper man använda byggfläktar för uttorkning av konstruktionen på byggplatsen. Detta har fördelar både tidsmässigt och i energiåtgång. (Frank, S., 2014)

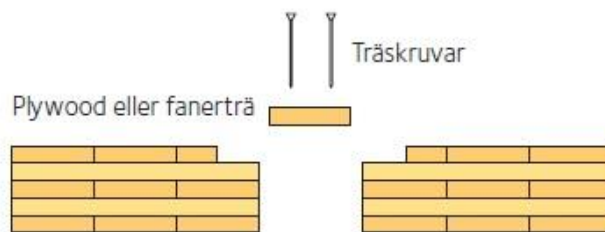
### **4.2 Montage**

För att få ihop ett hus av CLT-skivor krävs att man lyfter elementen på plats med lämplig lyftkran. Vartefter elementen kommer på plats görs anslutningarna. De vanligaste vägganslutningarna visas i bilderna nedan, det rör sig alltså om urtag i skivorna som passas in och skruvas, en lös fjäder i mitten som skruvas, eller brädor i det yttre skiktet som skruvas.

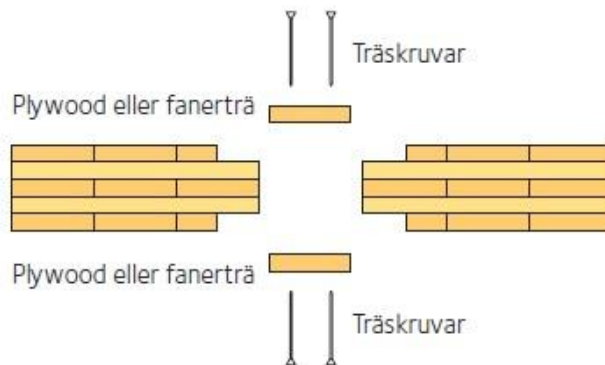
Andra vanliga monteringsmetoder är infästning med skruv, inslitsade beslag och vinkelbeslag. Alltså är monteringen relativt simpel och kräver inte mer än virke, beslag och skruv. Inga ur miljösynpunkt tveksamma material, ämnen eller metoder används. (ST 2017, 74-79)



**Figur 4.7** Skarv med lös fjäder.

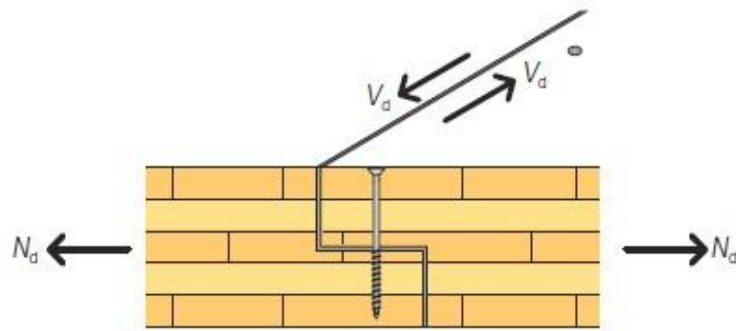


**Figur 4.8** Skarv med enkel lask.

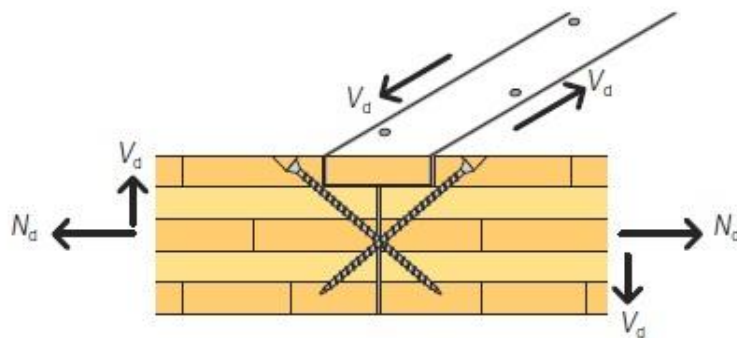


**Figur 4.9** Skarv med dubbla laskar.

**Figur 9.** Skarvar med lös fjäder, enkel lask och dubbla laskar. (ST 2017, 75)



**Figur 4.10** Skarv med urtag halvt i halvt.



**Figur 4.11** Skarv med enkel lask och skråskruvning.

**Figur 10.** Skarvar med urtag halvt i halvt och enkel lask med skråskruvning. (ST 2017, 76)

### 4.3 Skarvar- den svaga länken

För att byggnaden ska kunna hålla värmeisoleringskraven och fungera korrekt fukttekniskt är det av stor vikt att skarvarna utförs noggrant. Den bärande stommen, CLT-skivor i detta fall, får inte utsättas för mikrobangrepp. Det är skarvarna som är den svaga länken, där vatten och fukt kan ta sig in, framförallt i byggskedet. Konstruktionen måste kunna vara tät och dragfri men även kunna torka ut så att inte fukten bildar en grogrund för mikrober. (ST 2017, 73) (Lahdensivu, et.al. 2012, 8)

Eftersom det är i skarvarna skadorna vanligen uppkommer bör man tänka sig för hur dessa anslutningar ska utföras. Ska de vara lätta att syna (t.ex laskskarv, se föregående kapitel) så att eventuella skador går att komma åt? Eller ska de utföras på ett sådant sätt att skarven blir

så tät som möjligt så att angrepp och drag inte inträffar lika lätt? Sätten är många och det finns säkert flera bra metoder, men man bör vara medveten om dessa kritiska punkter för att kunna få ett bra slutresultat. I nästa kapitel visar jag på ett exempel (Wood City), där skarvarna blev just den svaga länken.

## 4.4 Väderskydd

Man kan säga att det råder delade meningar angående väderskydd då man bygger med trä. Den allmänna rekommendationen är att väderskydd behövs tills man fått ett tak på huset och då kan skydda konstruktionerna med det (ST 2017, 170). Dock har erfarenhet också visat att ett väderskydd inte alltid är nödvändigt, men då ska man veta vad man håller på med. Per Karnehed, diplomerad fuktsakkunnig och energiexpert, har eget företag (Karnehed Design & Construction AB) och en lång erfarenhet av fuktsäkert byggande. Han menar att det finns vissa riktlinjer för att klara av att bygga utan ett komplett väderskydd. Nedan följer en sammanfattning av hans föreläsning om fuktsäkert byggande med CLT:

- Så länge elementen hålls synliga och öppna kan man tillåta en viss mängd fukt och vatten. Fuktkvoten mäts enkelt och överstiger sällan 12% en bit in i träet, trots synlig fukt på ytan.
- Låg temperatur hämmar mikrobpåväxt. Blir ett element blött och temperaturen är låg uppstår inga problem så länge elementet har en chans att torka ut.
- Hål och spalter mellan skivor får inte täckas med plast. Då får man problem med ”svettning”, dvs. skivorna kan inte torka ut utan fukten hamnar till största del under plasten. Håll virket synligt! Tejpa istället hål och skarvar med lufttätningstejp.
- Enkla system med vattenrännor görs av byggplast som tejpas mellan skarvar på ett bjälklag för att leda bort rinnande vatten.
- Där CLT-elementen möter grundläggningen lönar det sig att göra en minst 10 cm hög förhöjd murad sockel. Undvik CLT direkt på betongplatta. Bitumenfilt kan svetsas direkt på CLT-skivans utsida (precis som man gör på murade hus vid anslutningen mellan vägg och sockel).

- Undvik stängda ytor där isolering eller CLT-trä inte kan inspekteras. Risken är annars stor att i byggskedet få med smuts och skräp som hamnar mellan elementen, och det blir svårt att kontrollera både elementens och isoleringens skick efter montering. Om det finns möjlighet kan man lämna ena sidan öppen tills man har tak på huset.
- Sekundärtätning, dvs. tejpning av alla skarvar. Använd lufttätningstejp och dra den i alla skarvar, runt fönster, håll mm. Tejpa nerifrån och upp. Detta är ingen typgodkänd metod men fungerar mycket bra och till en liten kostnad. Detta ger en lufttät konstruktion som ändå andas. Metoden genomgår provtryckning med godkänt resultat.



Karnehed Design & Construction AB

**Figur 11. Sekundärtätning: Stomskydd för regn och luftläckage. (Karnehed, P., 2017)**

- Skydda ändträ med vax eller diffusionsöppen färg, detta är extra viktigt under byggskedet.
- Håll ett högt tempo i montaget.
- Få vädertätt hus snabbt. Montera gärna en polymerförstärkt, helklistrad bitumenmatta på översta bjälklaget direkt och ordna en genomtänkt vattenavledning från ytorna.

Enligt Per Karnehed går det alltså att bygga hus av CLT utan heltäckande väderskydd. Man behöver vara medveten om risker och vara förutseende. Förstås är ett väderskydd alltid till fördel men i praktiken är det inte alltid möjligt (se nästa stycke) och väderskydd blir även en kostnadsfråga i många fall. (Seminarium med Per Karnehed, 18.10.2017)

I Helsingfors har nyligen gjorts ett stort bostadsprojekt, WoodCity, med 98 hyresrätter uppdelat på två höghus, där sandwichelement i LVL använts som bärande stommar. Då tomten var väldigt snäv och trafikerade gator ligger precis intill, samt att de två husens placering var asymmetrisk, så blev användandet av ett heltäckande väderskydd inte möjligt. Även användandet av tornkran fick uteslutas.

Man valde istället att skydda träelementen med fanerskivor. Sweco har stått för projekteringen men byggherren, ATT, har även använt sig av Vahanen som fukttekniskt sakkunnig. (Mölsä, S., 2017) (Bäckgren, N., 2017)

Projektet har varit drabbat av stora problem. Regn och blåst var en stor bidragande faktor till problemen under byggtiden. Den ovanligt blöta sommaren och hösten gjorde att man var tvungen att aktivt torka vissa byggnadsdelar. Blåsten ställde till det då elementen var relativt lätta och då inte kunde lyftas på plats, vilket bara förlängde byggtiden. (Mölsä, S., 2017) (Bäckgren, N., 2017)

I november gick man ut med att kvarteret har problem med mikrober, främst i elementanslutningarna och i de övre bjälklagen. I skarvarna mellan elementen har det alltså lyckats ta sig in fukt och det är där man hittar mikrobpåväxt. Tyvärr finns det ingen möjlighet att komma åt att slipa och tvätta rent här utan att måsta riva hela huset. Man valde därför, efter konsultation av Juhani Pirinen som är sakkunnig inom sunda hus, att desinficera genom att tryckspruta skarvarna med väteperoxid. Väteperoxid är ett blekmedel som är bakteriedödande och ingår bl.a. i pappersblekning, hårfärg och tandblekning (wikipedia.org). Egentligen ska inte desinficeringsmedel lämnas kvar i byggnaden, eftersom det ökar mikrobernas produktion av toxiner och dessutom utgör en grogrund för nya värre typer av mikrober. Alltså finns risk för fler problem i förlängningen, trots att man nu tagit kål på den här omgången. (Mölsä, S., 2017) (Bäckgren, N., 2017)



**Figur 12. Wood City. (Rakennuslehti.fi)**

Enligt Wood Citys hemsida menar man att det inte behövs väderskydd så länge monteringen utförs snabbt och effektivt. Wood City är dessutom ett experimentobjekt där Stora Enso och Miljöministeriet gått in med pengar för att undersöka behovet av väderskydd för träbyggnader. Även två diplomarbeten har undersökt projektets fukthantering och kontentan av dessa är att det inte riktigt gick enligt planeringen och att man tar en stor risk om man i Finland bygger trähus utan väderskydd. I Wood Citys fall såg allt ganska bra ut i planeringsskedet, men väder och vind gjorde att man var tvungen att avvika från planeringen och där finns en stor orsak till problematiken man nu ser.

(Mölsä, S., 2017) (Bäckgren, N., 2017)

Själv tror jag att om man utfört elementskarvarna på ett sådant sätt att man kunnat kontrollera dem och även kunnat komma åt att slipa och rengöra alla angreppsytor, så hade man sluppit metoden med väteperoxid. Om problem uppstår i framtiden har man inget annat val än att behandla med väteperoxid ännu en gång eller riva stora delar av huset, något som inte känns miljömässigt hållbart alls. Och framförallt behöver man minimera själva orsaken till problemet, dvs. ha stenkoll på att stora mängder fukt inte suger in i skarvarna under byggskedet.

## 5 Inomhusklimat

Ett hus ska vara behagligt att bo i. Materialen ska inte ge upphov till hälsovådliga emissioner eller annars vara tveksamma ur den mänskliga hälsans synvinkel. Detta kapitel handlar om hur CLT påverkar inomhusmiljön, mår man bra i ett CLT-hus?

### 5.1 Emissioner av CLT och dess eventuella ytbehandlingar

CLT består av trä och lim. Det lim som används beror på tillverkare men det flesta aktörer går på linjen ”miljövänligt, allergifritt, luktfritt och fritt från formaldehyd”, (se kapitel 3.1 för mera information om lim). Därför ger CLT-stommar inga farliga emissioner till inomhusmiljön. Trä är som bekant ett trevligt material att bo i och har många positiva sidor, som att det känns mjukt och harmoniskt, hemtrevligt, luktar gott och känns gediget. CLT-trä andas och ytorna kan lämnas obehandlade om man önskar.

I vissa fall kan man vilja ytbehandla CLT-skivorna, och där skiljer sig inte CLT från behandling av vanligt trävirke. Vax eller diffusionsöppen färg lämpar sig bra. Även klar brandskyddsfärg används, ifall det behövs för att uppfylla brandkraven. Beroende på vad man väljer för ytbehandling så blir de eventuella emissionerna därefter. Observeras ska också att CLT-skivans stora fördel är att vara diffusionsöppen, så det lönar sig inte att ytbehandla med täta material eftersom man då går miste om den diffusionsöppna funktionen.

### 5.2 Homogenitet i allmänhet

Arkitekten Lars-Erik Mattila siar om framtiden i sitt uppmärksammade diplomarbete ”Tulevaisuuden kerrostalo” (framtidens höghus). Där har han arbetat fram ett tankesätt och ett system för hur de framtida husen bör byggas för att inte utgöra en för stor påfrestning på miljön, och detta sträcker sig genom byggandens hela livscykel. Hans typhus består av massiva bärande trästommar och han tar upp fördelarna med just massiva konstruktioner. (Mattila, L-E., 2014)





**Figur 13. Framtidens höghus enligt Lars-Erik Mattila. (Mattila, L-E., 2014, 35)**

Även ett annat arbete, Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita, från Tampereen Tekninen Yliopisto tar upp detta med homogena skikt, bl.a. nedan i ett citat översatt från finska till svenska:

*”En oisolerad timmerstomme är en massiv väggkonstruktion som, oberoende av dess tjocklek, fungerar bra fukttekniskt. Detta beror på att det mellan de olika material-lagren inte bildas draghål och köldbryggor som i sin tur leder till kritiska fuktförhållanden. Om timmerväggen, eller en annan massiv träkonstruktion, värmeisolerar, ändras värme- och fuktförhållandena och de fukttekniskt goda egenskaperna försämrar avsevärt”*

(Lahdensivu et al. 2012, 55)

Just detta med att massiva stommar fungerar bra fukttekniskt tror jag personligen är en stor anledning till att CLT-hus känns behagliga att bo i. Man har träets mjuka ytor runt omkring sig och köldbryggorna är minimerade, vilket ger ett skönt, stabilt och friskt inomhusklimat.

I arbetet ”Tulevaisuuden kerrostalo” finns mycket intressant att läsa om hur vi borde tänka för att bygga så sunda hus som möjligt, ur alla perspektiv. Det finns att ladda ner i pdf-format från

[https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15522/master\\_Mattila\\_Lars\\_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://aaltodoc.aalto.fi/bitstream/handle/123456789/15522/master_Mattila_Lars_2014.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

## **6 Underhåll och reparation**

Underhåll och reparation ingår också i livscykeln! Men detta glöms ofta bort då man tänker att det viktigaste är hur miljövänlig själva byggprocessen är. Ett gediget hus som går att underhålla blir i längden miljövänligt, istället för ett så kallat ”slit-och-släng-hus” som är slutslitet efter en halv generation.

### **6.1 Underhåll**

CLT består av över 95% trä. Precis som med andra hus bör man ha en underhållsplan på mellan 10 och 15 år, då man ser över husets alla delar. CLT skiljer sig inte märkvärt i

underhåll från andra trähus, den kräver inget specifikt underhåll. Rätt skött uppgår stommens planerade livslängd till 100 år eller mer. (www.martinsons.se).

## 6.2 Reparation/sanering

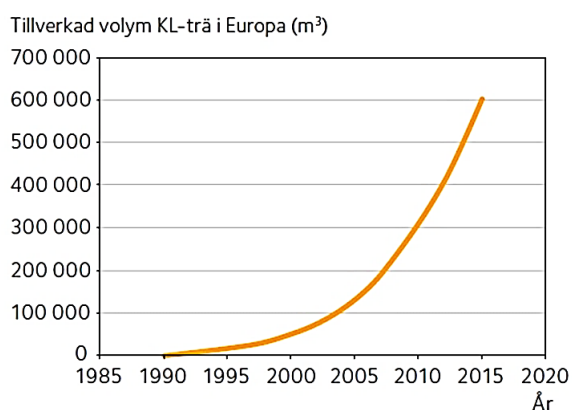
Som tidigare sagts (i kapitlen om skarvar och väderskydd) kan det löna sig att ha konstruktionen så synlig och lättillgänglig det går. Detta för att kunna kontrollera stommens skick, och kunna utföra sanering och reparation utan att behöva riva stora delar av huset. En träskada i CLT repareras förstås med nytt trä. Vid mikrob- och fuktproblem bör sakkunnig konsulteras. Främst ska orsaken till problemen elimineras, och i andra hand slipar och tvättar man bort alla mikrobpåväxter.

## 7 Efter användning

Hur länge håller CLT egentligen? Och vad händer då man river ett CLT-hus?

### 7.1 Uppskattad livslängd

CLT-tillverkning är ett relativt nytt påfund. Till Norden kom tekniken under sent 1990-tal, medan den i Centraleuropa då redan hade pågått ett antal år (ST 2017, 11). Nedan ser vi en tabell över produktionen av CLT i Europa:



Utvecklingen av KL-trä i Europa	
1990 – 1995	Idéer, patent och förslag presenteras i facktidskrifter ute i Europa.
1996 – 2000	Prototyper och komponenter utvecklas för den svenska marknaden.
2000 – 2004	Första leveranserna till mindre byggobjekt i Sverige.
2004 – 2005	Första högre trähusen av KL-trä byggs i Sverige.
2005 – 2014	Allt fler objekt byggs av KL-trä.
2015 –	Prognos för hela Europa.

Figur 14. Producerad volym CLT. (ST 2017, 11)

Dock är inte tekniken att limma ihop träbitar till större träkomponenter någon ny teknik, den har faktiskt funnits i flera tusen år, men då ofta i mindre utföranden som t.ex. skivor till möbler och snickerier. Med detta menar jag att limträ i sig är en mycket beprövad metod, men CLT i den form vi ser nu, och för ändamålet som bärande planelement, är ett nytt och ännu outforskat område. Inget CLT-element har ännu funnits i 100 år, vi har ingen praktisk erfarenhet över tid i just detta fall. Därför anser jag att tillverkarnas uppskattade livslängder ska tas som just uppskattningar. Enligt tillverkarna Stora Enso och Martinsons bör en CLT-stomme bestå under minst ett århundrade, gärna flera. Det förutsätter att stommen är skyddad mot fukt och väderpåfrestningar, och även är professionellt planerad och byggd.

([www.clt.info](http://www.clt.info)) ([www.martinsons.se](http://www.martinsons.se))

Jag vill också påpeka att orsaken till att ett hus rivs kan vara väldigt olika. Att ett hus rivs för att de bärande konstruktionerna har blivit så dåliga så att de är bortom all räddning, är ganska ovanligt. Vanligare orsak till rivning är då att kostnaden för ett nytt hus är mindre än för en renovering av det befintliga. Ett annat skäl till rivning är att huset blivit inaktuellt, tex. ser omodernt ut, skall användas till andra ändamål, eller inte uppfyller nutida bekvämlighetskrav eller isoleringskrav. För att ta ett exempel: Det finns otaliga antal timmerhus och frontmannahus som haft en fullt frisk stomme som av estetiska, värmetekniska och bekvämlighetsskäl rivits och ett nytt hus har rests på samma plats. Tiden kommer att visa om CLT-stommarna är så gedigna och värda att underhålla, att de får stå kvar så länge som tillverkarna uppskattar.

## **7.2 Vad händer med uttjänta byggmaterial?**

Enligt de nordiska tillverkarna ska en CLT-stomme nyttjas som värmeåtervinning, dvs. brännas, i sitt slutskede av livscykeln. Innan har CLT-stommen tjänat som hus, kanske återanvänts till viss del och sedan är det alltså dags för energiutvinning genom förbränning. Då kommer det bundna kolet att frigöras till atmosfären i form av CO<sub>2</sub> igen. Detta är vad som händer med träet i en CLT-skiva, låt oss nu fundera över lim och ytbehandlingarna.

Limmet, som är ett polyuretanlim, innehåller ingen formaldehyd som kan frigöras vid förbränning (Gabriel, J., 2007). Det är bra, eftersom formaldehyd är giftigt, frätande och cancer- och allergiframkallande (Kemikalieinspektionen, 2014). Som tidigare nämnts (i

kapitel 3.1) så frigörs dock en annan substans i limmet vid förbränning, nämligen isocyanat. Detta är mindre bra ur miljösynpunkt då själva ämnet är cancerframkallande och skadligt för vattenlevande organismer ([www.naturskyddsforeningen.se](http://www.naturskyddsforeningen.se)). Polyuretanlim är plastbaserat, och plast överlag ska inte hamna i naturen, där det långsamt bryts ner till mindre och mindre bitar, s.k. mikroplaster. Denna nedbrytningsprocess kan ta flera hundra år och närapå all plast som någonsin tillverkats existerar därför ännu i någon form ([www.naturskyddsforeningen.se](http://www.naturskyddsforeningen.se)). Mikroplasterna hamnar tillsist i djur och anrikas ju högre upp i näringskedjan vi kommer. Plasten ställer till stora problem för den organism som får i sig den och långtidseffekterna är ännu okända. (Trowsdale, A., Housden, T., Meier, B., 2017) (Naturskyddsföreningen, u.å.)

CLT-skivor behöver inte nödvändigtvis ytbehandlas. Det är dock inte ovanligt att man använder någon form av ytbehandling av estetiska skäl eller brandskyddsskäl. Beroende på ingredienserna i ytbehandlingen blir miljöpåverkan vid en förbränning olika. Man bör därför ta detta i beaktande och inte använda skadliga ytbehandlingsmetoder och inte heller bränna skivor som innehåller skadliga ytbehandlingsämnen.

## **8 CLT ur ett miljöperspektiv- sammanfattning och egna slutsatser**

Så till själva kontentan- hur står sig CLT ur ett miljöperspektiv? Vilka fördelar och nackdelar ser vi? Jag har delat upp detta till livscykelns tre stora skeden; tillverkningsprocessen, bygg- och boendeprocessen och avfallsprocessen, och skrivit informationen i punktform. Till sist ett ihopknyttande kapitel som baserar sig på min egen uppfattning och tolkning av all den information jag tagit del av.

### **8.1 Tillverkningsprocessens miljöpåverkan**

Positiva aspekter:

- Råvaran finns nära, i Finland, Norden och Europa. Detta sparar in på transporter, är gynnsam för den inhemska marknaden genom arbetstillfällen och företagsmöjligheter och uppmuntrar ett sunt skogsbruk. För att göra en enkel jämförelse kan man se på

betong, där beståndsdelarna ofta kommer långt bortifrån, detta genererar långa och tunga transporter som tär på miljön.

- Tillverkningsprocessen är relativt energisnål, och man har möjlighet att utnyttja träspill som bränsle istället för fossila alternativ.
- Bra att trä är ett förnyelsebart material.
- Trä lagrar CO<sub>2</sub>, flera gånger den mängd CO<sub>2</sub> som krävs vid tillverkningen.
- Hållbarheten på trä är god (flera hundra år rätt utfört) och trä innehåller inga skadliga ämnen.

Negativa aspekter:

- Träets kvalitet är inte lika god som förut, pga. snabbväxande skogar. Detta ger ett mindre fukt- och angreppståligt virke.
- Limmets beståndsdelar är tveksamma ur miljösynpunkt. På grund av innehållet av plast överlag, samt komponenten isocyanat och tillsatser som är skadliga för miljön.

## **8.2 Bygg- och boendeprocessens miljöpåverkan**

Positiva aspekter:

- CLT-element är betydligt lättare än andra material, vilket är bra vid transporter och lyft.
- Hög prefabriceringsgrad och färdigt torkade element gör att man kan ha ett högt montagetempo och slipper byggfläktar och långa ställtider.
- Montering kräver inga ur miljösynpunkt skadliga material eller metoder.
- CLT-skivor ger ett friskt inomhusklimat utan farliga emissioner.
- Homogena skikt såsom en CLT-stomme, fungerar mycket bra fukttekniskt, vilket minimerar framtida fuktproblem.

- CLT har en lång förväntad livslängd, minst 100 år.
- Materialet är värt att underhålla och renovera, vilket ytterligare förlänger livscykeln.

Negativa aspekter:

- Väderskydd är kanske inte nödvändigt i alla fall, men det krävs mycket god insikt och kunskap om fuktpåfrestningarnas utmaningar för att kunna bygga bra utan väderskydd.
- Skarvarna i en CLT-stomme ska utföras enligt konstens alla regler. Det är av yttersta vikt att detta blir rätt! Skarvar är den svaga länken och de problem som uppstår kommer att visa sig just här.
- Livslängden är högt uppskattad (>100 år), men någon praktisk erfarenhet av detta finns ännu ej. Beräkningarna är säkert gjorda på goda grunder, men man kan inte ”ropa hej” ännu.

### **8.3 Avfallsprocessens miljöpåverkan**

Positiva aspekter:

- Man har möjlighet att återanvända CLT-skivor, de har ett andrahandsvärde.
- Efter användning kan man utvinna energi genom förbränning. Den koldioxid som då frigörs har sedan länge komparerats av nyplanterad skog.
- Trä är biologiskt nedbrytbart och är en naturlig del av ekosystemets kretslopp.

Negativa aspekter:

- Polyuretanlimmet i skivan är inte skadligt då det är i bruk, men de plastbaserade beståndsdelarna hör inte hemma i naturen och då det förbränns frigörs isocyanat. Eventuell ytbehandling kan också ha negativ miljöpåverkan då det hamnar i atmosfären vid förbränning.

## 8.4 Sammanfattning och slutord

Jag ser framför mig ett byggprojekt. Man väljer en CLT-tillverkare som använder inhemskt virke. CLT-stommarna prefabriceras i en fabrik och fraktas sedan emballerade till byggplatsen. Elementen lyfts på plats, alla anslutningar utförs mycket noggrant och sekundärtätning i form av vindtätningstejpning görs. Huset utsätts för väder och vind men det tar inte alltför länge innan man har det översta bjälklaget på plats och snart även vattentak.

CLT-elementen lämnas som synliga ytor inomhus och behandlas bara i den mån det verkligen är nödvändigt. Man har möjlighet att kontrollera skarvar och ytorna överlag. Huset byggs färdigt och de boende flyttar in.

Huset underhålls med intervall på 10-15 år då man kontrollerar stommen och yttre beklädnader, fönster, husteknik mm. Man utför reparationer då det behövs, hellre för tidigt än alltför sent. Tiden går.

Huset börjar sjunga på sista versen och fyller inte längre den funktion det byggdes för. Man bestämmer sig för att riva huset efter, säg, 120 år. Stommarna har blivit undermåliga och man tar tillvara dem och återanvänder dem till t.ex. möbler. Efter att även detta stadie kommit till sitt slut fraktas till sist det som är kvar av CLT-skivorna till energiförbränning.

Och där är en CLT-skivas livscykel över. Den har sträckt sig långt över 100 år och varit en energisnål och miljövänlig process. Tillverkning, användning och avfallshantering har skett på ett mycket bra sätt. Självfallet är inget system perfekt men CLT hamnar i min mening mycket högt upp på skalan av miljömässigt vettiga konstruktioner. Dess största fördelar är det klimatvänliga trämaterialiet och den långlivade och tekniskt hållbara massiva konstruktionen.

I framtiden tror jag att massiva träelement kommer att vara ännu vanligare. Jag tror att limmet kommer att bli ännu bättre ur miljösynpunkt, att alla dess beståndsdelar är miljövänliga hela livscykeln igenom, eller att skivor med trätappar helt ersätter limmet. Finlands lagstiftning ger lättnader på U-värdeskraven när det gäller CLT-konstruktioner, precis som man redan länge gjort med timmerkonstruktioner, vilket jag tycker är bra. Då kan man välja ett tjockt CLT-element som massiv stomme, istället för den utvändiga tilläggsisolering vi oftast ser idag. Med 250 mm massivträ kommer man upp till U-



värdeskravet på  $0,40 \text{ W}/(\text{m}^2\text{K})$ . Detta skulle göra de fukttekniska egenskaperna ännu bättre, den termiska trögheten ännu högre och de många fördelarna av en homogen konstruktion utnyttjas till fullo.

Hus ska hålla länge, vara sunda att bo i och inte ge upphov till nedskräpning efter användning. CLT har goda möjligheter att uppfylla allt detta, och jag tror att Finlands trähusbyggande har fått en knuff i rätt riktigt i och med CLT-teknikens intåg.

## 9 Källor

Bäckgren, N., 2017. Jätkäsaaren homehtuneet Wood City -puukerrostalot ovat Stora Enson osin rahoittama tutkimuskohde – Työmaalla testattiin, miten puurakentaminen onnistuu ilman sääsuoja. *Rakennuslehti* 2017. [Online]. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/jatkasaaren-homehtuneet-wood-city-puukerrostalot-ovat-stora-enson-osin-rahoittama-tutkimuskohde-tyomaalla-testattiin-miten-puurakentaminen-onnistuu-ilman-saasuoja/> [hämtat 2.1.2018]

Clt.info [Online]. *Produktion*. <http://www.clt.info/se/produkter/clt-massivtrasytemet/produktion/> [hämtat 12.4.2018]

Erlandsson, M., IVL Svenska Miljöinstitutet, 2015. *Environmental Product Declaration*. Oslo: Næringslivets Stiftelse for Miljødeklarasjoner

Finlands byggbestämmelsesamling. Energiprestanda. C4 (2003) Värmeisolering, anvisningar. Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen.  
[http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Byggbestammelser/Energiprestanda](http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestammelser/Energiprestanda)

Finlands byggbestämmelsesamling. Sunda hus. D2 (2012) Byggnaders inomhusklimat och ventilation, föreskrifter och anvisningar. Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen.  
[http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Byggbestammelser/Sunda\\_byggnader](http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestammelser/Sunda_byggnader)

Finlands byggbestämmelsesamling. Energiprestanda. D3 (2012) Byggnaders energiprestanda. Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen.  
[http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning\\_och\\_byggande/Lagstiftning\\_och\\_anvisningar/Byggbestammelser/Energiprestanda](http://www.ym.fi/sv-FI/Markanvandning_och_byggande/Lagstiftning_och_anvisningar/Byggbestammelser/Energiprestanda)

Finlands byggbestämmelsesamling. Energiprestanda. D5 (2012) Beräkning av byggnaders energiförbrukning och effektbehov för uppvärmning, anvisningar. Miljöministeriet, Bostads- och byggnadsavdelningen.

<http://www.ym.fi/sv->

[FI/Markanvändning och byggande/Lagstiftning och anvisningar/Byggbestämmelser/Energi](http://www.ym.fi/sv-)  
[prestanda](http://www.ym.fi/sv-)

Frank, S., 2014. *Världens högsta bostadshus helt i trä*. Folkhem.

[Online] <https://www.youtube.com/watch?v=n5pGtQzVr8Q> [hämtat 22.3.2018]

Gabriel, J., 2007. *Purbond Certification*. Purbond AG. [Online]

<http://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/liimaominaisuudet.pdf> [hämtat 20.3.2018]

GESAMP, 2015. "Sources, fate and effects of microplastics in the marine environment: A global assessment". [Online] [http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP\\_microplastics%20full%20study.pdf](http://ec.europa.eu/environment/marine/good-environmental-status/descriptor-10/pdf/GESAMP_microplastics%20full%20study.pdf)

[hämtat 3.4.2018]

Gudmundsson, G., 2010. *Stora boken om byggnadsvård*. Bonnier Fakta.

Havet.nu [Online]. *Plast, sopor, skräp*. <https://www.havet.nu/?d=3485> [hämtat 22.3.2018]

Hoisko.fi [Online]. *Responsibility*. <http://www.hoisko.fi/en/responsibility/> [hämtat 15.3.2018]

Hoisko.fi [Online]. *Trackability*. <http://www.hoisko.fi/en/trackability/> [hämtat 15.3.2018]

Holzforschung Austria, 2012. *Ecological Balance Sheet*. Wien: Holzforschung.

Håkansson, C., 2017. *Räcker skogen till? Skogsindustrierna*.

[Online] <https://www.youtube.com/watch?v=SLqelskqmGg> [hämtat 22.3.2018]

Karnehed, P., 2017. Seminarium: *Valla Berså: Fokus fuktsäkert byggande*. [Online].

<https://www.youtube.com/watch?v=DhyyMooBbjU> [hämtat 15.2.2018]

Kemikalieinspektionen, 2014. *Formaldehyd i träskivor*. Sundbyberg: Kemikalieinspektionen. [Online]. <https://www.kemi.se/global/tillsyns-pm/projektrapporter/formaldehyd-i-traskivor-tillsynsprojekt-2014.pdf> [hämtat 1.2.2018]

Kievarinmäki, A., VTT, 2017. *Asiantuntijalausunto - CrossLam Kuhmo CLT*. VTT Expert Services Oy. <http://www.crosslam.fi/media/ladattavat-pdf/vtt-sertifikaatti.pdf> [hämtat 12.4.2018]

KLHsverige.se [Online]. *PEFC- CERTIFIERING*. [http://klhsverige.se/index.php?option=com\\_content&view=article&id=43&Itemid=46&lang=sv](http://klhsverige.se/index.php?option=com_content&view=article&id=43&Itemid=46&lang=sv) [hämtat 1.4.2018]

Lahdensivu, J., Suonketo, J., Vinha, J., Lindberg, R., Manelius, E., Kuhno, V., Saastamoinen, K., Salminen, K., Lähdesmäki, K., 2012. *Matalaenergia- ja passiivitalojen rakenteiden ja liitosten suunnittelu- ja toteutusohjeita*. Tampere: Tampereen teknillinen yliopisto.

Martinssons.se [Online]. *Ett hållbart skogsbruk*. <https://www.martinsons.se/ett-hallbart-skogsbruk> [hämtat 1.5.2018]

Martinssons.se [Online]. *Formstabil, starkt och enkelt att montera*. <https://www.martinsons.se/byggprodukter/kl-tra> [hämtat 1.5.2018]

Martinssons.se [Online]. *Hantering och underhåll*. <https://www.martinsons.se/bostader-lagenergihus-hantering-och-underhall> [hämtat 1.5.2018]

Martinssons.se [Online]. *Kvalitetsråvara*. <https://www.martinsons.se/sagade-travaror/kvalitetsravara> [hämtat 2.3.2018]

Martinssons.se [Online]. *På en dålig dag är vi dubbelt så bra*. <https://www.martinsons.se/om-martinsons/tra-och-miljo> [hämtat 2.3.2018]

Martinssons.se [Online]. *Svart på vitt om träets fördelar*. <https://www.martinsons.se/om-martinsons/tra-och-miljo/tra-vs-betong> [hämtat 2.3.2018]

Martinssons.se [Online]. *Martinsons limträprodukter är klimatneutrala*.  
<https://www.martinsons.se/om-martinsons/ledningssystem/carbon-footprint> [hämtat 2.3.2018]

Mattila, L-E., 2014, *Tulevaisuuden kerrostalo*. Diplomityö, Aalto-Yliopisto, Taiteiden ja suunnittelun korkeakoulu, Arkkitehtuurin laitos, Helsinki.  
<http://archinfo.fi/2015/01/diplomitoita-lars-erik-mattilan-tulevaisuuden-kerrostalo-aalto-yliopisto-2014/>

Metla, 2018. *Det skogsrikaste landet i Europa*. [Online]. <http://www.metla.fi/suomen-metsat/index-se.htm> [hämtat 20.2.2018]

Mikroplast [Online]. <http://www.havet.nu/?d=3485> [hämtat 25.2.2018]

Mölsä, S., 2017. Diplomityöt kertovat, miksi Wood Cityn kosteudenhallinta petti.  
*Rakennuslehti 2017*. [Online]. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/diplomityo-kertoo-miksi-wood-cityn-kosteudenhallinta-petti/> [hämtat 2.1.2018]

Mölsä, S., 2017. Sateinen ja tuulinen kesä koetteli Wood Cityn rakentajia Jätkäsaarella.  
*Rakennuslehti 2017*. [Online]. <https://www.rakennuslehti.fi/2017/11/sateinen-ja-tuulinen-kesa-koetteli-wood-cityn-rakentajia-jatkasaarella/> [hämtat 2.1.2018]

Naturskyddsföreningen, u.å. *Rapport: Raklödder till fiskarna. Om skräp i havet– källor, problem och lösningar*. Naturskyddsföreningen.

Naturskyddsföreningen.se [Online]. *De vanligaste plasterna och tillsatsämnen*.  
<https://www.naturskyddsforeningen.se/node/35087/#J> [hämtat 2.4.2018]

Naturskyddsföreningen.se [Online]. *Plastens många ingredienser*.  
<https://www.naturskyddsforeningen.se/plastens-manga-ingredienser> [hämtat 2.4.2018]

Pefc.se *Fakta om certifiering av skogsbruk*, 2010. [http://pefc.se/wp-content/uploads/2010/11/fakta\\_om\\_certifiering\\_av\\_skogsbruk\\_100415.pdf](http://pefc.se/wp-content/uploads/2010/11/fakta_om_certifiering_av_skogsbruk_100415.pdf)

Polyurethanes.org [Online]. *Vad är polyuretan?* <http://polyurethanes.org/sv/vad-aer-det> [hämtat 13.4.2018]

Puuinfo.fi, 2018. *Puukerrostalojen eri runkojärjestelmiä*. [Online].  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa> [hämtat 1.4.2018]

Puuinfo.fi, 2018. *Puurakentamisen asema ja mahdollisuudet Suomessa*. [Online].  
<https://www.puuinfo.fi/puutieto/puurakentaminen/puurakentamisen-asema-ja-mahdollisuudet-suomessa> [hämtat 1.4.2018]

Riksantikvarieämbetet och Nordiska Museet, 1982. *Var virket bättre förr?*. Uddevalla, RAÄ och Nordiska Museet.

Rosknroll, 2018. *Vad händer med avfallet?* [Online]  
<http://www.rosknroll.fi/om-atervinning/vad-hander-med-avfallet/>  
[hämtat 2.5.2018]

RT 21-11289. Puutavara- Jatkojalosteet 2017. © Rakennustietosäätiö RTS

Stora Ensos Broschyr 2017. [Online]  
<https://www.puuinfo.fi/sites/default/files/CLT%20image%20brochure%20FI.pdf> [hämtat 20.2.2018]

Trowsdale, A., Housden, T., Meier, B., 2017. Seven charts that explain the plastic pollution problem. BBC News, 2017. [Online] <http://www.bbc.com/news/science-environment-42264788> [hämtat 18.3.2018]

Wikipedia.org. *Väteperoxid*. [Online] <https://sv.wikipedia.org/wiki/V%C3%A4teperoxid> [hämtat 20.2.2018]